

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2003年 3月 5日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2003-058249

[ST.10/C]:

[JP2003-058249]

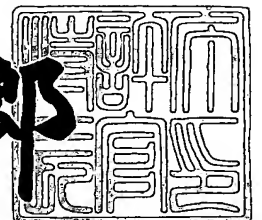
出 願 人  
Applicant(s):

三菱電機株式会社

2003年 3月24日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3019456

【書類名】	特許願
【整理番号】	543841JP01
【提出日】	平成15年 3月 5日
【あて先】	特許庁長官殿
【国際特許分類】	H01L 25/00
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会 社内
【氏名】	前田 晃
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会 社内
【氏名】	前川 武之
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会 社内
【氏名】	宮下 章志
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会 社内
【氏名】	小澤 拓生
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会 社内
【氏名】	曾根 孝典
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会 社内
【氏名】	畑中 康道

【発明者】

【住所又は居所】 長野市若里 4 - 1 7 - 1 信州大学内

【氏名】 新井 進

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100102439

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮田 金雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100092462

【弁理士】

【氏名又は名称】 高瀬 彌平

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011394

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 金属電極とこれを用いた接合方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体装置を構成し、多層の金属層からなる金属電極であって、上記多層の金属層を上記金属電極の最表面から上記半導体装置本体へ向かって第 1 層から順次採番したもので、上記第 1 層が錫（S n）を主成分とし、上記第 2 層が S n と共晶反応を生じる金属元素を含有し、かつ上記第 1 層の融点が上記第 2 層の融点より高いことを特徴とする金属電極。

【請求項 2】 S n と共晶反応を生じる金属がインジウム（I n）であることを特徴とする請求項 1 に記載の金属電極。

【請求項 3】 S n との共晶温度が 2 2 1 ℃ 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の金属電極。

【請求項 4】 半導体装置本体上の A 1 を主成分とする配線層に設けられ、5 層の金属層からなる請求項 1 に記載の金属電極であって、第 3 層が銅（C u）を主成分とした金属層、第 4 層が金（A u）を主成分とした金属層、第 5 層がニッケル（N i）を主成分とした金属層であることを特徴とする金属電極。

【請求項 5】 第 1 層ないし第 5 層の金属層が無電解めっき法により形成されていることを特徴とする請求項 4 に記載の金属電極。

【請求項 6】 請求項 1 に記載の金属電極と、加熱により S n と溶融拡散する材料を被接合面とする被接合部材とを当接し、上記金属電極の第 1 層と第 2 層とで生じる共晶反応温度の中で、その最も低い温度以上、かつ上記第 1 層の融点未満で加熱する接合方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置の電極端子となる金属電極とこれを用いた接合方法に関し、より詳しくは、半導体装置同士または半導体装置を基板に接合させる金属電極とこれを用いた接合方法に関するものである。

【0 0 0 2】

## 【従来の技術】

情報の高速伝送化ニーズを背景に、電子部品の電極端子は益々狭ピッチ化、微小化しており、これに対応した微細接合技術の開発が急務となっている。

昨今の低コスト化の流れから電子部品の耐熱温度は低くなってきており、また電子部品へのダメージや接合後の接合物の反り低減の観点からも、接合温度の低温化が急務となり、現行よりも低温で接合したいといったニーズがある。

## 【0003】

また、半導体装置には、チップサイズを大きくせずにできるだけ高機能化を実現するための多ピン化、これに伴う狭ピッチ化の技術トレンドがあり、各電極の高さばらつきを吸収したり、後から接合部強化のために供給する樹脂が入り易くなる等のために、必要量以上のはんだを供給していた。

そこで、高融点のはんだボールの表面に、これと共晶反応を生ずる低融点金属層を備えた構造の電極を用いて、上記共晶温度以上でかつ高融点のはんだの融点未満の温度で加熱することにより、配線近傍のはんだを溶融させず、つまり溶融量を低減して比較的低温で接合させる方法が開示されている。（例えば、特許文献1参照）。

## 【0004】

また、金属電極表面に、これと接合される被接合部材の金属元素を含有した化合物層を形成させることにより、できるだけ低融点で接合でき、接合後の再溶融温度を高くするために、例えば、電極表面のSn層の上に、被接合部材のCuを蒸着することによりCu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>層を形成させた電極構造が開示されている。（例えば、非特許文献1参照）。

## 【0005】

## 【特許文献1】

特許公報第3024097号（第1頁）

## 【非特許文献1】

「Electronic Components and Technology Conference」、米国、1998、p. 284-291

## 【0006】

## 【発明が解決しようとする課題】

上記半導体装置と基板とをフリップチップ接合する方法として、予め接合する電極周辺に還元成分含有樹脂を備えておき、加熱と加重を同時に行いながら、ゲル状の樹脂をよけて半導体装置と基板の電極表面同士を接触させた後に、樹脂の成分ではんだ表面の酸化膜を除去しながら熔融接合と樹脂硬化とをほぼ同時に行う方法があるが、この方法では、加熱により電極表面が熔融する前に、ゲル状の樹脂を除去して上記半導体装置の電極が基板の電極表面に接触する必要がある。

しかし、上記特許文献 1 に記載の方法では、低融点層が最表面にあるので、加熱時に熔融はんだの粘度が低くて樹脂の粘度を下回り、樹脂を除去しきれずに樹脂を巻き込み未接合となる危険性が高くなるという課題があった。

なお、上記接合信頼性の低下は、電極形成後に室温暴露時間が経過するほど顕著となり長期保存性に劣る。

## 【0007】

また、上記非特許文献 1 に記載の方法では、第 1 層としての  $Cu_6Sn_5$ （上記非特許文献からの推定融点は  $415^{\circ}C$ ）の融点が、下地層の  $Sn$  層よりも高いが、 $Cu_6Sn_5$  と  $Sn$  との共晶温度が  $227^{\circ}C$  であることから、現行はんだ（ $Sn-37Pb$  はんだの融点： $183^{\circ}C$ 、 $Sn-3.5Ag$  はんだの融点： $221^{\circ}C$ ）よりも接合温度が高くなってしまう。

また、金属間化合物である  $Cu_6Sn_5$  の硬さは、ヌーブ硬さで  $Sn$  が 7 であることに対して 76（「日本電子材料技術協会会報」、1984、Vol. 16、p 30）と非常に大きいことから、特に多ピンの場合の接合時に電極表面を全て接触させるために高荷重が必要となる。

さらに、化学的に安定であることから酸化膜の除去に時間を要し、反り増大や加熱による部品のダメージおよび接合信頼性に懸念がある。

## 【0008】

本発明は、かかる課題を解決するためになされたものであり、低温かつ低荷重で、熔融量を低減した接合が可能で、かつ長期保存性に優れた金属電極とこれを用いた接合方法を得ることを目的とする。

## 【0009】

## 【課題を解決するための手段】

本発明に係る第 1 の金属電極は、半導体装置を構成し、多層の金属層からなるものであり、上記多層の金属層を上記金属電極の最表面から上記半導体装置本体へ向かって第 1 層から順次採番したもので、上記第 1 層が錫 (S n) を主成分とし、上記第 2 層が S n と共晶反応を生じる金属元素を含有し、かつ上記第 1 層の融点が入記第 2 層の融点より高いものである。

## 【0 0 1 0】

## 【発明の実施の形態】

## 実施の形態 1.

図 1 (a)、(b) は本発明の第 1 の実施の形態の金属電極が設けられた半導体装置 1 3 とこれと接合される被接合部材 4 との接合工程を説明する断面図であり、(a) は接合前、(b) は接合後の状態で、上記被接合部材 4 が電子基板の場合を示す。

金属電極 2 は、半導体装置本体 1 に設けられ、最表面から上記半導体装置本体 1 に向かって第 1 層 2 1 と第 2 層 2 2 と第 3 層 2 3 とを積層したもので、第 1 層 2 1 は錫 (S n) を主成分とし、第 2 層 2 2 が S n と共晶反応を生じる金属元素を含有し、かつ上記第 1 層 2 1 の融点が入記第 2 層 2 2 の融点より高いもので、第 3 層 2 3 は下地電極として設けたものである。

## 【0 0 1 1】

一方、電子基材 4 は S i または有機基材を主原料とした基材 6 に A l または C u を主成分とする配線層 7 が配されており、レジスト等の有機材料 8 を用いて所定位置に所定形状で開口電極 9 が形成され、ここに、フラックスを塗布したり、はんだをめっき等で供給したり、さらに N i または A u を電解めっきや無電解めっきしてめっき膜を形成している。

なお、上記金属電極 2 と接合される被接合部材 4 の被接合面 (図 1 では配線層 7) は、S n と拡散反応を生じる元素であれば何でもよい。

## 【0 0 1 2】

また、図 2 (a)、(b) は、図 1 に示した電子基板 4 の具体的な構成を示す断面図であり、(a) は開口部 9 の表面に、例えば無電解 N i - P めっきを 5  $\mu$

m程度、さらにその上に無電解Auめっきを $0.05\mu\text{m}$ 程度施した金属層10aを有機材料8の高さ以下に被覆した例、(b)は開口部9の表面に、はんだペースト印刷や溶融はんだ浴に浸漬することにより、有機材料8の高さ以上に電極10bを形成した例である。

## 【0013】

本実施の形態に係る金属電極2において、第1層21を、Snを主成分とした層とすることにより、最表面の酸化膜は $\text{SnO}/\text{SnO}_2$ が支配的となり、現行の酸化膜除去法（フラックス、機械的応力、還元性雰囲気中加熱、還元成分含有樹脂接触加熱等）が適用可能であるため、酸化膜の除去が容易にしかも確実に行えるので、不十分な酸化膜除去によりボイドが発生し、接合不良が生じるのが防止され、高信頼に接合することが可能となる。これが現行並みの長期保存性を有することはいうまでもない。

## 【0014】

また、第2層22を第1層21と共晶反応を生じる元素を含有した層とすることで、低温で接合することが可能となる。

また、接合部19の組成は第1層21と第2層22の組成または厚さで制御でき、またそれにより接合時の溶融量を制御することが可能で、隣接電極との接触危険性を著しく低下させることで高信頼な接合部を得ることができる。

## 【0015】

さらに、第1層21の融点が第2層22の融点より高いことから、還元成分を含有した樹脂を用いて接合する場合において、第1層の溶融までに必要な時間が長くなり、これによって金属電極の溶融部分の粘度が充分低下する前に、上記被接合部材の接合面が上記金属電極の表面と接触することが可能となり、樹脂の巻き込みによる接合不良が生じにくくなって、高信頼な接合部を得ることができる。

これによって接合に要する時間が若干長くなるが、数秒～数十秒程度の短時間における差なので工業的には全く問題ない。

## 【0016】

すなわち、以上のように、本実施の形態の金属電極は、電極側壁側での低融点



金属元素の露出による酸化が防止されるので長期保存性に優れ、また、低温で良好な接合が可能で、電極間接合時にボイド等を発生させる危険性や、隣接する電極同士の接触の危険性が低減されるという効果がある。

#### 【0017】

なお、本実施の形態の金属電極に示すように、例えばバリアメタルや高さ調整のために下地金属層23として、第2層22と半導体装置本体1との間に、必要に応じて第1層21以上の融点を有する金属、例えばNi、Cu、CrまたはTi等を設けても上記と同様の効果が得られる。

#### 【0018】

実施の形態2.

第1の実施の形態の金属電極において、第2の層の金属がInを含有すると、スパッタ法やめっき法等成膜プロセスも確立されているとともに、ブリネル硬さでSnが5.3であるのに対して、Inは0.9である（「金属データブック」、丸善（株）、改訂第3版第4刷、平成9年4月10日、p.165）ように、非常に軟らかい金属であるので、比較的低荷重で塑性変形するため、特に多数の電極同士を同時に接合する際には、全電極を接触させるために必要な荷重を低くすることが可能となる。In単独で形成すると、その効果は一層顕著となる。

例えば、金属電極として、In、Bi、Cu、Ag、AuまたはNiを電気めっき法で各々40 $\mu$ m高さになるようにめっきして得られた半導体装置と、開口径を $\phi$ 150 $\mu$ mとして表面に浸漬により高さ約50 $\mu$ mとなるようにSn-3.0Ag-0.5Cu（wt%）はんだを被覆した電子基板とをフリップチップボンダを用いて位置あわせして接合したが、Inが最も低い温度でかつ低荷重で接合できることを確認した。

#### 【0019】

また、InはSnとの相互拡散によって120℃近傍で共晶反応を生じ、Snを主成分とする層をその融点よりも低い温度で溶融させることができ、さらにSnと相互拡散して共晶反応を生じる元素の中で毒性が低く、環境に優しい。

また、InはAu、Ni、Cu、またはAg等の高融点金属とも相互拡散して、その融点を比較的低時間で低融点化させることができるので、上記金属電極と

の被接合面が上記高融点金属の場合も接合が容易で確実となる。

ただしコストおよび再熔融温度の観点からは、Inと共晶反応を生じる元素に対する比率が10wt%以下であることが望ましい。

#### 【0020】

実施の形態3.

図3は本発明の第3の実施の形態の金属電極が設けられた半導体装置13の断面図である。

つまり、金属電極は、半導体装置本体1のA1を主成分とする配線層12に、最表面から上記半導体装置本体1に向かって第1層21から第5層33までを順次積層したものである。

上記第1層21および第2層22は、それぞれ上記実施の形態1における第1層、第2層と同等で、下地金属層23は第3層31から第5層33を積層したもので、上記第3層として銅(Cu)を主成分とした金属層31、第4層として金(Au)を主成分とした金属層32、第5層としてニッケル(Ni)を主成分とした金属層33を形成したもので、上記下地層23によりバリアメタルや高さ調整が可能となる。

#### 【0021】

ところで、電気めっき法を用いて半導体ウエハへ電極を形成した場合、これは電気の力で析出させるため、パターンや大きさの違う開口部またはウエハの中央部と端部等、位置の違いで電流密度が異なるため、電極高さや組成等の不均一さが現れる。

これを解決するために、無電解めっき法により電極を形成すると、金属の析出電位の関係上、ある金属上には析出するが、他の金属上には析出しない等の現象があり、さらに膜を高く形成することが困難となる。

#### 【0022】

そこで、本実施の形態における図3に示す電極構造とすることにより上記無電解めっきにより所望の構成の金属電極を得ることができる。

つまり、半導体装置本体1の最表面配線層12はAl、Al-Cu、Al-Si、Al-Si-Cu等、Alを主成分としたものが主流である。

また、Cuの表面にInを含有した金属層や、Snを主成分とした層等を無電解めっき法で形成するのは比較的容易であるが、Alを主成分とした配線層の上には健全なCu、Au、Sn、Inは析出しないので、必要な電極高さを得るためには、析出速度の比較的大きいNiを主成分とするめっき（より詳しくは、めっき液の還元成分を含んだNi-P、Ni-B等のめっき）を、Alを主成分とした配線上に形成する（図3中、第5層33）。

次にNiを主成分とするめっきの上にCu、Sn、Inを含有しためっきは析出しないので、Niを主成分とするめっき膜の上にはAuを主成分としためっきを形成する必要がある（図3中、第4層32）。

このAuを主成分としためっき膜の上にSn、Inを含有しためっきは析出しないので、Auを主成分としためっき膜の上にはCuを主成分としためっき膜を形成する（図3中、第3層31）。

この上にInを含有しためっき膜、Snを含有しためっき膜は析出するので、上記本発明の実施の形態の金属電極に係わる、第1金属層21および第2金属層22の形成が可能となる。

なお、無電解めっき法で形成された電極は、形状、組成ばらつきが小さく、上記金属電極を被接合部に信頼性高く接合することが可能となる。

#### 【 0 0 2 3 】

##### 実施の形態4．

本発明の第4の実施の形態の接合方法では、上記実施の形態1～3の金属電極と、被接合部材とを当接し、上記金属電極の第1層と上記第2層との間で生じる共晶反応温度の中で、その最も低い温度以上、かつ上記第1層の融点未満で加熱するが、この時、上記被接合部材の接合面は加熱によりSnと溶融拡散する材料からなるものとする。

上記加熱温度を、上記共晶反応を生じる温度以上とするのは、金属電極を固体状態で接合するためには酸化膜を破るために液相と比較して大きな荷重を必要とするため、半導体装置へのダメージが懸念されるためであり、特に多ピン化への適用が困難となるからである。

また、最表面の融点未満とするのは、融点以上では溶融体積が大きくなり、隣

接電極との接触危険性が高まるからであり、さらに接合温度が低い方が、熱膨張係数が異なった部材の電極同士を接合する際に生じる反り量や、高分子樹脂等耐熱温度が低い部品へのダメージが低減できるため、長期信頼性を向上させることができるためである。

本実施の形態において、上記のようにして形成される金属接合部は、ボイドや酸化膜の巻き込み等が少なく良好な接合部で、長期信頼性も高い。

また、部品の反りが小さい接合部にはかかる応力も小さく、長期接合信頼性についても有利である。

#### 【 0 0 2 4 】

##### 【実施例】

まず、下記実施例に用いる試料と、特性の測定方法について説明する。

##### < C u チップ >

5 mm角で厚さ0. 2 5 mmのC u板に、上記実施の形態の金属電極の第1、第2層に相当する金属層が設けられたものをC uチップと称し、これは上記実施の形態の金属電極を設けた半導体装置に相当する。

##### < C u 基板 >

1 0 mm角で厚さ0. 2 5 mmのC u板に、無電解N i - Pめっきが5  $\mu$  m厚とこの上に無電解A uめっきが0. 0 5  $\mu$  m厚施されたものをC u基板と称し、これは上記実施の形態の金属電極と接合される被接合部材に相当する。

##### < S i チップ >

5 mm角で厚さ5 0 0  $\mu$  mのS i基板にスパッタ法でA lが1  $\mu$  m厚と、C rが0. 0 2  $\mu$  m厚と、C uが0. 0 3  $\mu$  m厚とがこの順に形成されたものに、上記実施の形態の金属電極の第1、第2層に相当する金属層が設けられたものをS iチップと称し、これは上記実施の形態の金属電極を設けた半導体装置に相当する。

##### < T E G チップ >

上記実施の形態の金属電極に相当する金属電極を含むテストパターンを有し、導通チェックができるT E G ( T e s t E l e m e n t G r o u p ) ウエハを用い、これを1 0 mm角にパターン通りにダイシングしたものをT E Gチップ

と称し、これは上記本実施の形態の半導体装置に相当するが、これは金属電極間距離が実際の半導体装置に近く、上記CuチップまたはSiチップのように金属電極をベタで形成したものに比べて実際の半導体装置により近いとみなせるものである。

#### <TEG基板>

上記TEGウエハを20mm角にダイシングしたものを基板と称し、これは上記本実施の形態の金属電極と接合される被接合部材に相当する。

#### 【0025】

#### <接合工程>

所定温度に設定した2連式のホットプレートを用い、必要に応じてプッシュゲージで荷重をチップ中央部に上面から加える。

また、必要に応じてフラックス〔商品名：RM26，タムラ化研（株）製〕または還元成分含有樹脂〔商品名：NUFシリーズ，日東電工（株）製〕を用いた。

#### 【0026】

#### <接合状態調査>

上記接合工程により接合したサンプルを樹脂に埋込み、上記チップのほぼ中央部の断面を研磨した後電子顕微鏡で観察を行うことにより調査を行った。

上記接合部に未接合部が存在するものは×、未接合部は無いがボイドの占有率が10vol%を越えるものを△、未接合部は無く、接合部のボイドの占有率が10vol%以下のものを○として評価した。

#### <初期接合性評価>

作製後不活性雰囲気中に保存した上記チップおよび基板を用いて、上記接合工程を施すことにより得られた接合部の接合状態を、上記接合評価に基づいて評価した。

#### <長期保存性>

上記チップを高温高湿槽（85℃／85％RH）に24時間保持した後、上記接合工程を施すことにより得られた接合部の接合状態を、上記接合評価に基づいて評価した。

## 〈反り評価〉

上記 S i チップと C u 基板とを用いて上記接合工程を施すことにより得られた接合体を全表面の凹凸をレーザー顕微鏡で測定し、相対評価 3 段階で評価した。

つまり、反りが現行共晶はんだ (S n - 3 7 P b) のみで接合した場合と同等以下のものを小、上記現行共晶はんだの場合より大きく、S n - 3 . 5 A g (最低共晶温度 : 2 2 1 ° C) のみで接合した場合より小さいものを中、S n - 3 . 5 A g のみで接合した場合と同等以上のものを大として評価した。

## 【 0 0 2 7 】

実施例 1 ~ 3、比較例 1 ~ 5。

図 1 における第 1 層 2 1 および第 2 層 2 2 を、表 1 に示すような所定元素で所定厚さに電気めっきすることにより形成して本発明の実施例の金属電極を備えた上記 C u チップと、本発明の実施例の金属電極の代わりに表 1 に示すような構成の比較例の金属電極を備えた上記 C u チップを作製し、上記各 1 0 個ずつの C u チップと上記 C u 基板とを接合し、上記初期接合性と長期保存性の評価を実施した。

加熱条件は、フラックスを塗布した上記 C u 基板のほぼ中央部に、上記 C u チップを載せたものを、1 2 0 ° C に設定したホットプレート上に 3 0 秒間加熱した後、1 8 0 ° C に設定したホットプレート上で 3 0 秒間加熱して接合し、接合部の接合状態を上記のようにして測定し結果を表 1 に示す。なお、同じ構成の金属電極を有する 1 0 個の C u チップと上記 C u 基板との接合状態は全て表に示すように評価された。

## 【 0 0 2 8 】

【表 1】

	第2層 (組成wt%) 厚 (μm)	第1層 (組成wt%) 厚 (μm)	初期接合性	長期保存性
比較例 1	63 Sn-37 Pb 150	なし	×	×
比較例 2	63 Sn-37 Pb 100	In 50	△	×
実施例 1	In 50	63 Sn-37 Pb 100	○	○
比較例 3	Sn-3.5 Ag 100	なし	×	×
比較例 4	Sn-3.5 Ag 100	In 50	△	×
実施例 2	In 50	Sn-3.5 Ag 100	○	△
比較例 5	Sn 100	Bi 50	△	×
実施例 3	Bi 50	Sn 100	○	○

## 【0029】

表 1 から、実施例 1 と比較例 1、実施例 2 と比較例 3 を比較すると、それぞれ最表面が 63 Sn-37 Pb (融点 183℃) および Sn-3.5 Ag (融点 221℃) である。

180℃の加熱温度では、比較例 1 および比較例 3 ではいずれも融点以下なので接合はできない。しかし、第 2 層に In を備えた実施例 1 および実施例 2 では共晶反応を生じることにより融点が低下し接合が可能となることがわかる。しかし、第 1 層に In を備えた比較例 2 および比較例 4 では、Sn を主成分としたはんだを第 1 層とした実施例 1 および実施例 2 と比較して、初期接合性が劣り、高温高湿処理を施した長期保存性は初期接合性評価結果と比べると低下するのが示される。

また、上記 In の代わりに Bi を用い、上記共晶はんだの代わりに Sn を用いた実施例 3 および比較例 5 でも上記と同様の接合特性が得られる。

## 【 0 0 3 0 】

以上より、フラックスを用いて酸化膜除去をしながら現行のはんだを接合する際に、Snと共晶反応を生じる元素を含有する層を備えることにより低温接合を実施するプロセスにおいて、電極構造の第1層をSnを主成分とし、第2層より高融点とすることにより初期接合性および長期保存性が向上する効果を示した。

上記実施例において、膜厚を適当に変化させても同様の効果が得られ、金属層の積層方法をスパッタや蒸着、浸漬等別の方法で実施しても同様の効果が得られる。

## 【 0 0 3 1 】

実施例4～6．比較例6～8．

上記実施例または比較例に示すように、表2に示すような所定元素で所定厚さに電気めっきすることにより本発明の実施例の金属電極または比較例の金属電極を備えた上記Cuチップを作製し、上記各10個ずつのCuチップと上記Cu基板とを接合し、上記初期接合性と長期保存性の評価を実施した。

加熱条件は、フラックスの代わりに還元成分含有樹脂を塗布したCu基板のほぼ中央部に、上記Cuチップを載せたものを、上からプッシュゲージで50gfをかけながら、200℃に設定したホットプレート上で30秒間加熱して接合し、接合部の接合状態を上記のようにして測定し結果を表2に示す。なお、同じ構成の金属電極を有する10個のCuチップと上記Cu基板との接合状態は全て表に示すように評価された。

## 【 0 0 3 2 】



【表 2】

	第2層 (組成wt%) 厚 (μm)	第1層 (組成wt%) 厚 (μm)	初期接合性	長期保存性
比較例 6	S n 1 0 0	B i 5 0	△	×
実施例 4	B i 5 0	S n 1 0 0	○	△
比較例 7	S n 2 0 0	I n 5 0	△	×
実施例 5	I n 5 0	S n 2 0 0	○	△
実施例 6	I n 7 0	6 7 S n - 3 3 P b 1 0 0	○	○
比較例 8	6 7 S n - 3 3 P b 1 0 0	I n 7 0	△	×

## 【0 0 3 3】

本結果より、還元成分含有樹脂を用いて荷重をかけながら接合した場合は、フラックスを用いた上記実施例と比較例の場合の関係と同様である。

つまり、全て溶融した接合部が両者で同様の組成になる組合せでも、電極構造を第1層をS nを主成分として、第2層より高融点とすることにより、初期接合性および長期保存性が向上することがわかる。

また同様の効果が得られるように各層を合金化しても同様の効果が得られることは、容易に類推できる。

## 【0 0 3 4】

なお、本発明の実施例の金属電極を用いて得られた接合部の再溶融温度が低すぎると、能動素子の発熱や環境温度による接合部溶融で接合信頼性が低下する傾向があるので、上記接合部における、I nの含有量はS nに対して1 0 w t %以下であることが望ましい。

同様に、B iの場合は、3 w t %以下であることが望ましく、P b、C d、H g等有害物質は含有しないことが望ましい。

## 【0 0 3 5】

実施例 7 ~ 1 2.

表3のA～Fに示すようにして、図1に示すような上記Siチップの第1層および第2層を形成して本発明の実施例の金属電極を作製するが、溶融後の組成がそれぞれの共晶組成がSn-0.7Cu（実施例7）、Sn-3.5Ag（実施例8）、90Sn-10Au（実施例9）、63Sn-37Pb（実施例10）、Sn-58Bi（実施例11）、Sn-49In（実施例12）となるように上記第1、第2層の厚さを調整し、合計高さが100μmになるように電解めっきにより形成し、このようなSiチップを各10個ずつ作製した。

【0036】

【表3】

	第2層 (固相線-液相線)	第1層 (固相線-液相線)	最低共晶反応元素	最低共晶温度 (°C)
A	Sn (232°C)	Sn-40Cu (415°C)	Cu-Sn	227°C
B	Sn (232°C)	Sn-48Ag (221°C-480°C)	Sn-Ag	221°C
C	Sn (232°C)	Sn-55Au (309°C-380°C)	Au-Sn	217°C
D	Sn-10Pb	Sn (232°C)	Sn-Pb	183°C
E	Sn-80Bi (138-200°C)	Sn-3Bi (225-228°C)	Sn-Bi	138°C
F	In (156°C)	Sn (232°C)	Sn-In	120°C

【0037】

次に、上記Siチップを、フラックスを塗布したCu基板のほぼ中央部に載せて、230または250°Cに設定したホットプレート上に30秒間載せることにより加熱して、大気放冷により接合サンプルを製作した。

これらの反りを上記反り評価に基づいて、大、中、小として評価し、各接合温度における接合状態と反りの結果を表4に示す。なお、同じ構成の金属電極を有する10個のSiチップと上記Cu基板との接合状態は全て表に示すように評価された。

【0038】

【表4】

接合温度		実施例7	実施例8	実施例9	実施例10	実施例11	実施例12
	はんだ組成	A	B	C	D	E	F
230℃	反り	大	中	小	小	小	小
	接合状態	△	○	○	○	○	○
	フラックス焦げ	なし	なし	なし	なし	なし	なし
250℃	反り	大	中	小	小	小	小
	接合状態	○	○	○	○	○	○
	フラックス焦げ	有	有	有	有	有	有

【0039】

表4より、SiチップとCu基板のように熱膨張係数の異なるものを接合した際に発生する反りは、基本的に接合部分の融点に依存することがわかる。すなわち、融点が低いほど反りは小さくなる。従って、接合温度もできるだけ低いことが望ましい。

積層構造を有する電極の場合、加熱温度下で溶融した部分が接合材となり、これが上記はんだの融点にほぼ相当するため、第1層と第2層とが溶け出す温度、すなわち第1層と第2層とで生じる共晶反応の最低温度は、221℃以下であることが望ましい。より望ましくは、現行共晶はんだの融点である183℃以下である。

【0040】

表4より、加熱温度が250℃になるとフラックスの成分が焦げるようになることがわかる。この焦げたフラックスは洗浄しても落ちず、また塩素イオン等を含有しているので、高温・高湿状態では絶縁信頼性の低下が懸念され、フラックスを用いた場合はホットプレート設定温度が230℃以下が望ましいことがわかる。

また、表4より、230℃以下での接合では、融点221℃のSn-3.5Agはんだまでが、反りが大きくなり接合状態も良好であり電子部品接合に望ましいことがわかる。

上記現象は還元成分含有樹脂を用いた場合にはさらに深刻で、200℃を大きく越えると一般の高分子樹脂は焦げてしまうため、この観点からも接合温度は低

いことが望ましい。

上記のような酸化膜除去プロセスを行わなくても接合は可能だが、反り、接合信頼性の観点からも、極力低温で接合できることが望ましい。

#### 【 0 0 4 1 】

##### 実施例 1 3 .

無電解めっき法で上記 T E G ウエハの A l 配線層上に、N i - P めっき  $35\mu\text{m}$ 、A u めっき  $0.05\mu\text{m}$ 、C u めっき  $3\mu\text{m}$ 、I n めっき  $0.05\mu\text{m}$ 、S n めっき  $2\mu\text{m}$  をこの順に図 3 に示すように積層して本発明の実施例の金属電極を製造し、上記と同じ T E G ウエハの A l 配線層上に電解めっき法で高さ  $40\mu\text{m}$  狙いで S n バンプを形成したものについて、上記ウエハの中央部と端部からとったチップの同じ位置の電極高さの測定を実施した。

その結果無電解めっきで形成した方が高さばらつきが小さく、初期接合性により優れることが明確となった。

#### 【 0 0 4 2 】

##### 実施例 1 4 .

T E G チップとして、パターン中の電極が  $180\mu\text{m}$  ピッチで電極全体が高さ  $70\mu\text{m} \times \phi 70\mu\text{m}$  となるように、電気めっき法で C u 配線層上に N i めっき  $5\mu\text{m}$ 、I n めっき  $30\mu\text{m}$ 、S n めっき  $35\mu\text{m}$  をこの順に積層したものをを用い、T E G 基板として、C u 配線途中に  $\phi 85\mu\text{m}$  となるようにレジストを用いて開口し、この開口部に浸漬により S n - 3 . 5 A g はんだを高さ約  $50\mu\text{m}$  に被覆（バンピング）した。

#### 【 0 0 4 3 】

上記 T E G チップと基板とをフリップチップボンダで位置あわせをして、接合温度  $190^{\circ}\text{C}$  または  $240^{\circ}\text{C}$  でフラックス無しでスクラブ（左右にチップを揺らす。機械的にはんだの酸化膜を破ることを目的とする）しながら荷重  $20\text{gf}$  の接合を各 10 個行った。

上記接合サンプルを透過 X 線でチェックした結果、 $180^{\circ}\text{C}$  で接合したものは全て良好であったが、S n の融点（ $232^{\circ}\text{C}$ ）以上である  $260^{\circ}\text{C}$  で加熱したものは、ところどころに隣接バンプと接触している（ブリッジ）ものがあつた。

この結果より、第1層の融点以上で加熱すると狭ピッチ化した場合ブリッジの危険性が高くなることがわかる。

【0044】

上記TEGチップと基板を用いて、スクラブなしで、還元成分含有樹脂を上記基板電極表面に塗布して上記と同様にして接合温度240℃で接合すると、樹脂の巻き込みに起因すると推測されるボイドが多く見られた。

【0045】

【発明の効果】

本発明の第1の金属電極は、半導体装置を構成し、多層の金属層からなるもので、上記多層の金属層を上記金属電極の最表面から上記半導体装置本体へ向かって第1層から順次採番したもので、上記第1層が錫（Sn）を主成分とし、上記第2層がSnと共晶反応を生じる金属元素を含有し、かつ上記第1層の融点を上記第2層の融点より高いもので、低温かつ低荷重で、溶融量を低減した接合が可能で、かつ長期保存性に優れるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態の金属電極が設けられた半導体装置とこれと接合される被接合部材との接合工程を説明する断面図である。

【図2】 図1に示した電子基板の具体的な構成を示す断面図である。

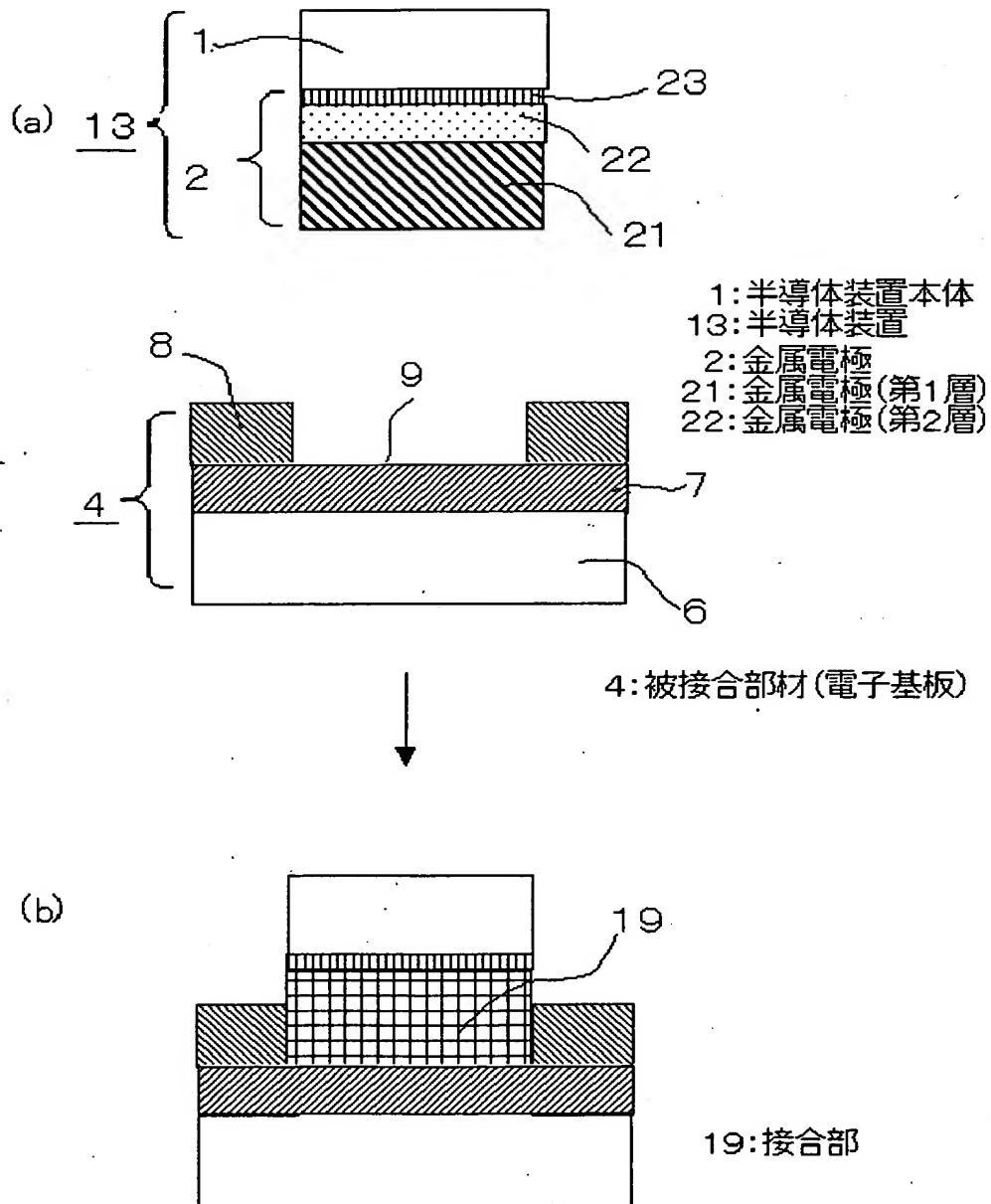
【図3】 本発明の第3の実施の形態の金属電極が設けられた半導体装置の断面図である。

【符号の説明】

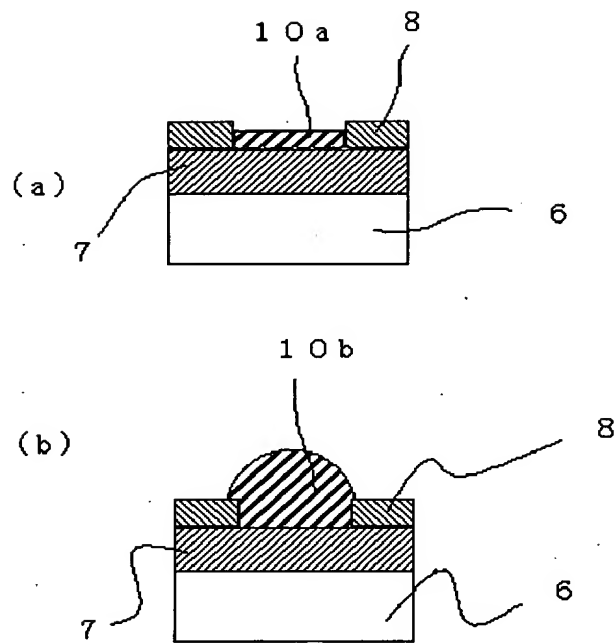
1 半導体装置本体、13 半導体装置、2 金属電極、21 金属電極（第1層）、22 金属電極（第2層）、31 金属電極（第3層）、32 金属電極（第4層）、33 金属電極（第5層）、4 被接合部材（電子基板）、19 接合部。

【書類名】 図面

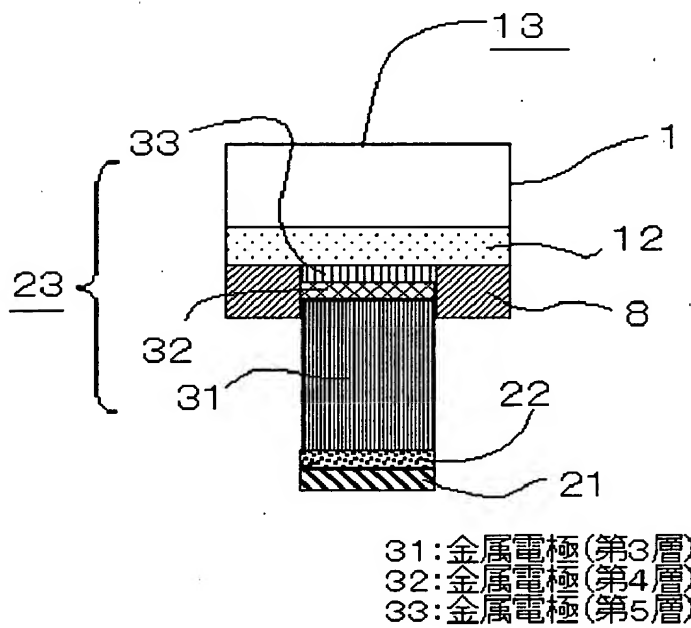
【図 1】



【図2】



【図3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低温かつ低荷重で、溶融量を低減した接合が可能で、かつ長期保存性に優れた金属電極を得る。

【解決手段】 金属電極 2 は、半導体装置本体 1 に設けられ、最表面から上記半導体装置本体 1 に向かって第 1 層 2 1 と第 2 層 2 2 と第 3 層 2 3 とを積層したもので、第 1 層 2 1 は錫 (S n) を主成分とし、第 2 層 2 2 が S n と共晶反応を生じる金属元素を含有し、かつ上記第 1 層 2 1 の融点が第 2 層 2 2 の融点より高いもので、第 3 層 2 3 は下地電極として設けたものである。

【選択図】 図 1



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006013]

1. 変更年月日	1990年 8月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内2丁目2番3号
氏 名	三菱電機株式会社